

論文の内容の要旨

専攻名 システム創成工学専攻

氏名 石井 利樹

(2,000字程度とし、1行43文字で記入)

本論文は角度多重方式ホログラフィックメモリにおけるシステム性能評価モデルを構築し、記録容量や転送速度などの観点から、メモリシステムを構成するパラメータを最適化する設計指針を示すものである。本研究における主要な成果は以下の2点である。

(1) システム性能を評価するためのモデル構築

メモリシステムを構成する各種パラメータとシステムの性能指標となる記録容量、転送速度、媒体に要求されるダイナミックレンジ、信号対雑音比(SNR)との関係性を明らかにした。これにより任意の角度多重方式の光学システムを出発点としてシステムを最適化することができる設計手法を確立した。

(2) ノイズ低減技術、振動解析技術の開発

システムの最適化においては、必要最低限のSNRを確保することが拘束条件となる。SNRを高められれば、大容量化と高転送速度化が可能のため、ノイズ低減は重要な課題である。本論文では、ピクセル間クロストークノイズ、ページ間クロストークノイズを低減する新しい手法を提案し、その有効性について検証した。さら振動がホログラム形成に与える影響を解析的に評価し、効率的に対処を行う方法について提案を行った。

以下に本論文を構成する各章の要約を示す。

第1章では、序論として、各種記録方式と光ディスクの特性を比較し光ディスクがアーカイブストレージに適していること、光ディスクの中ではホログラフィックメモリが記録容量と転送速度の点で有利であること、ホログラフィックメモリの中では本研究の対象となる角度多重方式が大容量化に向いていることを明らかにし、本研究の目的・位置づけなどについて述べた。

第2章では角度多重方式ホログラフィックメモリのシステムパラメータを最適化するためのモデルを構築した。まず、記録容量、転送速度、媒体に要求されるダイナミックレンジとシステムパラメータとの関係を解析的に導出した。また、記録品質の指標となる信号対雑音比(SNR)について、シミュレータを構築して算出する環境を構築した。また、振動の影響を評価するためのモデルを構築した。

第3章では、ノイズ低減技術と振動解析手法について検討した。まず第3.1節では、高いSNRを

保ったまま高記録密度化を実現可能なチェッカーボード状の位相パターン付加するピクセル間クロストークキャンセル技術を開発した。フーリエ面でのフィルタサイズ比が1.05でノイズが無い状態では6.5dBのSNR改善効果が得られた。モノキュラ光学系で実際のノイズを想定すると0.85dBのSNR改善効果となった。第3.2節では、ページ間クロストーク低減技術について検討した。隣接ページ間で位相差を付加することによりページ間クロストークを制御する2つの方式を考案した。一方は隣接ページ間でページ全体に $\pi/2$ の位相差を付加することによりクロストークをキャンセルする方式であり、もう一方は隣接ページ間で、ある特定の領域に π の位相差を付加し、信号を増幅する方式である。シミュレーションによるノイズ低減効果を比較した結果、前者は17.3%、後者は22.7%となった。また実験により位相差付加によるノイズ低減効果を検証し、シミュレーションと実験で改善効果が同等の傾向であることを確認した。第3.3節では、角度多重方式ホログラフィックメモリにおいて、振動の影響を評価する実用的な手法を開発した。二乗平均平方根(RMS)もしくは標準偏差に対する正規化再生光量の2次近次式を用いて、任意の振動波形の正規化再生光量を推定する手法を提案した。また提案した振動の影響解析手法を用いて記録停止処理を効率的に行う手法を開発した。開発した手法では、振動波形のRMSもしくは標準偏差が一定の閾値を超えた場合に記録停止をすることにより、不要な記録停止がなくなることを示した。

第4章では第2章で構築したシステム性能評価モデルを用いて、記録密度と転送速度の観点からパラメータの最適化を行う設計指針を示した。InPhase社の試作ドライブのパラメータを出発点として検討し、信号光最内角やピクセル間クロストークとページ間クロストークのバランスを調整することで、信号品質を一定に保ちながら記録容量を高めることに成功した。また、第3章で検討したピクセル間クロストークキャンセルとページ間クロストークキャンセル技術を適用することにより、ディスクあたりの記録容量はモノキュラ方式の適用とブックの敷詰めをした場合の1.07 TBから最終的に3.49 TBまで3.3倍記録容量を高められる可能性を示した。転送速度に関しては、InPhase社の試作ドライブのパラメータを出発点とした場合、現状のデバイス性能を基準にし、ページ間移動の高速化を図ることで、20.0 MB/sの転送速度を設計上は97.4 MB/sまで高められることを示した。

第5章では、本論文の研究の成果と今後の課題をまとめ、全体の結論とした。